

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-243061

(43)Date of publication of application : 07.09.1999

(51)Int.Cl. H01L 21/205
C23C 16/52

(21)Application number : 10-062104

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 25.02.1998

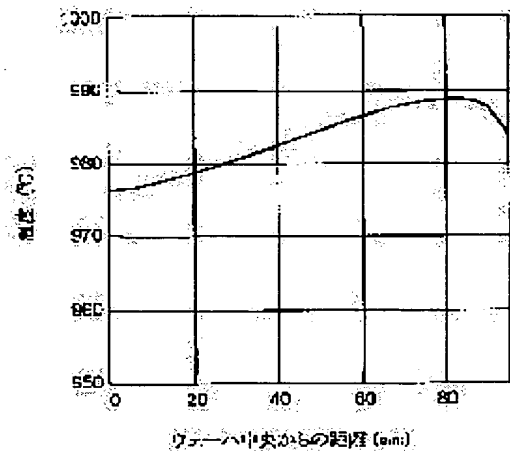
(72)Inventor : TAKASUKA EIRYO

(54) VAPOR-PHASE GROWING METHOD AND DEVICE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the cost and improve accuracy of vapor-phase film growing by measuring the growing-speed distribution of an epitaxial layer and estimating the temperature distribution of a silicon wafer when the thin film is grown at a temperature where it is the reaction-rate determining speed under the gas flow-rate condition where the thin-film growing speed does not depend of the gas flow rate.

SOLUTION: A silicon wafer is mounted on the susceptor of high-purity carbon covered with SiC. The wafer is heated by an infrared-ray lamp from the upper and lower sides. For the infrared-ray lamp, thermocouples are attached to the four parts of the center of the susceptor and the upstream side, the downstream side and the side surface for the gas flow. The temperatures of these parts undergo feedback control, and the temperature distribution of the silicon wafer is controlled. Furthermore, the thermocouples at the upstream side, the lowerstream side and the side surface have the function for making the temperature distribution of the silicon wafer homogeneous. Then, the epitaxial growing is performed under the conditions of the growing temperature and the gas flow rate. The temperature distribution of the silicon wafer is obtained from the relationship of the growing speed and the growing temperature. The preset value of the heater is adjusted based on the distribution.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-243061

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/52

C 2 3 C 16/52

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-62104

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月25日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 高須賀 英良

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

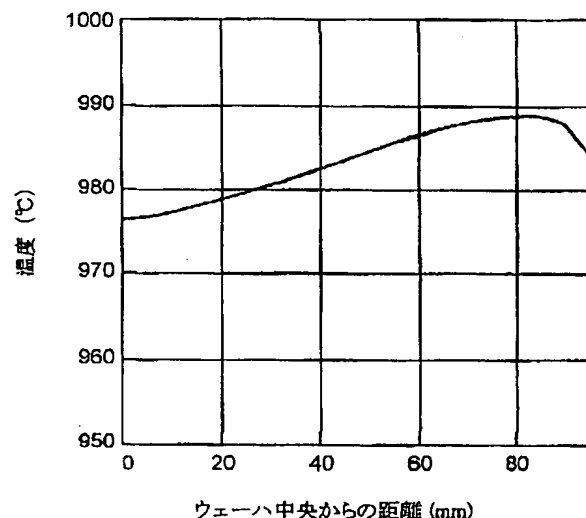
(74) 代理人 弁理士 押田 良久

(54) 【発明の名称】 気相成長方法とその装置

(57) 【要約】

【課題】 気相成長装置における半導体基板の加熱温度の均一化、特に大口径のシリコンウェーハの均一加熱が困難な現状に鑑み、熱電対などの温度測定子を炉内に導入することなく、半導体基板の温度分布を従来にない方法により、正確に把握して装置の加熱源の温度調節の時間を短縮して効率を上げ、半導体基板の加熱温度の均一化を図り、スリップの発生を防止し、低コストで高精度、高品質の気相成膜を可能にした気相成長方法とその装置の提供を目的としている。

【解決手段】 エピタキシャル成長装置では低温で成長すると成長速度が反応律速となるが、反応室に流すガス流量を適切にすることによって、シリコンウェーハのある点でのエピタキシャル膜の成長速度と温度との相関を取ることが可能であることを知見し、さらに、薄膜の成長速度がガス流量に依存しないガス流量条件で、かつ成長温度が反応律速である温度で薄膜を成長させると、エピタキシャル膜の成長速度分布を測定することによりシリコンウェーハの温度分布を推定することが可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板を加熱装置で高温に加熱し熱化学気相成長法により半導体基板に薄膜を成長する気相成長方法において、予め求めた薄膜の成長速度がガス流量に依存しないガス流量条件でかつ成長温度が反応律速である温度で薄膜を成長し、その成長速度分布から被処理基板の温度分布を推定し、加熱装置の強度分布設定を行い、基板の加熱温度の均一化を図る気相成長方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、複数の加熱源の強度分布設定を行うに際し、加熱源に最も近い基板上の点をその温度制御点に対する代表点として、代表点の温度と基板中央の温度を推定された温度分布より求め、代表点の目標温度が基板中央の推定温度と一致するように、代表点の温度に最も影響を与える加熱源の強度設定を変更し、基板の加熱温度の均一化を図る気相成長方法。

【請求項 3】 半導体基板を加熱装置で高温に加熱し熱化学気相成長法により半導体基板に薄膜を成長する気相成長装置において、予め求めた薄膜の成長速度がガス流量に依存しないガス流量条件でかつ成長温度が反応律速である温度で薄膜を成長し、その成長速度分布から被処理基板の温度分布を推定して得た成長速度分布と成長温度との関係を記憶した加熱装置の制御手段を有した気相成長装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、複数の加熱源の強度分布設定を行うに際し、加熱源に最も近い基板上の点をその温度制御点に対する代表点として、代表点の温度と基板中央の温度を推定された温度分布より求め、代表点の目標温度が基板中央の推定温度と一致するように上記工程を繰り返し、代表点の温度に最も影響を与える加熱源の強度設定を変更し、基板の加熱温度の均一化を図るプログラムを有した気相成長装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 この発明は、シリコンウェーハ等の半導体基板にシリコン等の薄膜を気相成長させる気相成長方法の改良に係り、半導体基板の温度分布を、従来にない成長速度分布と成長温度との関係から高精度で推定する方法により、装置の加熱源の温度調節の時間を短縮し、半導体基板の加熱温度の均一化を図り、スリップを低減して高精度、高品質の気相成膜を可能にした気相成長方法とその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体プロセスの分野では、熱 CVD によってシリコン基板上にシリコンのエピタキシャル膜を形成する技術がある。これはエピタキシャル処理と呼ばれ、シリコン単結晶基板を 1100℃前後に加熱しキャリアガス（H₂等）で希釈されたシリコンソースガス（SiHCl₃等）をシリコン基板上に流し、熱 CVD 法によってシリコンの単結晶膜を堆積するものである。

【0003】 エピタキシャル膜を形成されたエピタキシ

ヤルウェーハはエピタキシャル処理される前のウェーハより表面の不純物、欠陥が少なく高品質の半導体基板として、半導体デバイスあるいはその基板を製造する半導体プロセス分野で多用されている。

【0004】 エピタキシャル処理を行う半導体製造装置が、エピタキシャル（気相成長）装置であり、例えば、直径 200mm や 300mm のシリコンウェーハを処理するための装置として、シリコンウェーハを 1 回の処理で 1 枚処理する枚葉式気相成長装置が知られている。

【0005】 エピタキシャルウェーハは高品質であることが要求されるが、これを実現するには、スリップの発生を防止するためにシリコンウェーハ表面が極めて均一に加熱されている必要がある。

【0006】 枚葉式気相成長装置の一例を説明すると、シリコンウェーハは赤外線ランプよりなるヒーターで加熱され、ヒーターはシリコンウェーハ上に所望の赤外線照射強度分布を付けられるように設計されている。

【0007】 シリコンウェーハは高温に加熱されると強度が低下し、シリコンウェーハ内に温度差が発生すると熱応力により、シリコンウェーハ内にスリップが発生する。そのため上記ヒーターは温度分布が均一になるように赤外線照射強度分布を調整しなければならない。ヒーターの調整を行うには以下の二つの方法が用いられている。

【0008】 第 1 の方法は、複数の熱電対を取り付けたシリコンウェーハをエピタキシャル成長装置の反応室に挿入し、加熱時のシリコンウェーハの温度分布を測定しながらヒーター設定の調整を行う。

【0009】 第 2 の方法は、シリコンウェーハをエピタキシャル処理しスリップの発生状況を観察する。ヒーターの設定を調整し発生状況の変化からよりスリップの減少する設定を予測しヒーター設定を行う上記作業を繰り返し行いスリップが発生しなくなるヒーター設定を、温度均一化が十分になされた設定とする。

【0010】 前者の方法は熱電対による温度測定が十分に正確でなく、その後後者の方法を微調整として行う場合がある。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】 熱電対を反応室内に挿入する方法は、反応室内が金属汚染され、ヒーター調整後に反応室のクリーニングをする必要がある。そのためヒーター調整に時間を要する。また、クリーニングするために石英チャンバーの交換が必要なエピタキシャル成長装置では、交換により温度計の設置状況が変化してヒーターの再調整が必要である。このような場合は熱電対による温度調整は不可能である。

【0012】 また、熱電対線を反応室から外に出さなければならないため、その熱電対線用のシールを施す必要があり、プロセスガスを流すにはヒーターの調整のみのためにシールを完全にすることが必要となる。このため

通常はかかるシールを施すことはなく、反応炉内に処理中と同条件のガスを流すことができない。そのため処理中の温度分布を精密に測定することができない。

【0013】シリコンウェーハを回転してこれらの温度均一化を図っているエピタキシャル成長装置では、ヒーターの調整のみのために、熱電対の回転導入を行わなければならない。通常はこのためのシールを施すことはなく、反応炉内に処理中と同条件の加熱を施すことができない。そのため処理中の温度分布を精密に測定、すなわち成長処理と同条件で測定することができない。

【0014】上記の各シールを施すことは技術的に可能であるが、エピタキシャル成長装置に特別な機構を設ける必要があり、多大な費用を要する。

【0015】また、スリップの発生状況を観察する方法は、上記の各問題は発生しないが、ウェーハの温度分布を知ることはできないので、ヒーターの設定値をどのように変化すれば温度分布を改善できるかが不明である。そのため多数のウェーハを色々な設定において処理し、スリップの発生状況から良い設定値を選ぶ必要があり、調整に多大の時間が必要になる。また、調整のために多数のシリコンウェーハを消費しなければならず、調整に要する工数が多い問題がある。

【0016】従って、加熱時のシリコンウェーハの温度分布を測定しながらヒーター設定の調整を行うに際し、熱電対などの温度測定子を炉内に導入することなく温度分布を知る方法が求められている。

【0017】この発明は、気相成長装置における半導体基板の加熱温度の均一化、特に大口径のシリコンウェーハの均一加熱が困難な現状に鑑み、熱電対などの温度測定子を炉内に導入することなく、半導体基板の温度分布を従来になく方法により、正確に把握して加熱源の温度調節の時間を短縮して効率を上げ、半導体基板の加熱温度の均一化を図り、スリップの発生を防止し、低コストで高精度、高品質の気相成膜を可能にした気相成長方法とその装置の提供を目的としている。

【0018】

【課題を解決するための手段】発明者は、大口径のシリコンウェーハへの高精度、高品質の気相成膜を可能にするため、温度測定子を炉内に導入することなく、半導体基板の温度分布を正確に予測できる方法について種々検討した結果、エピタキシャル成長装置では低温で成長すると成長速度が反応律速となるが、反応室に流すガスを適切にすることによって、シリコンウェーハのある点でのエピタキシャル膜の成長速度と温度との相関を取ることが可能であることを知見した。

【0019】発明者は、さらに検討を加えた結果、シリコンウェーハの全表面で薄膜の成長速度がガス流量に依存しないガス流量条件で、かつ成長温度が反応律速である温度で薄膜を成長させると、エピタキシャル膜の成長速度分布を測定することによりシリコンウェーハの温度

分布を推定することが可能であることを知見し、この発明を完成した。

【0020】すなわち、この発明は、半導体基板を加熱装置で高温に加熱し熱化学気相成長法により半導体基板に薄膜を成長する気相成長方法、装置において、予め求めた薄膜の成長速度がガス流量に依存しないガス流量条件でかつ成長温度が反応律速である温度で薄膜を成長し、その成長速度分布から被処理基板の温度分布を推定し、加熱装置の強度分布設定を行い、基板の加熱温度の均一化を図ることを特徴とする気相成長方法、装置である。

【0021】また、この発明は、上記構成の気相成長方法、装置において、複数の加熱源の強度分布設定を行うに際し、加熱源に最も近い基板上の点をその温度制御点に対する代表点として、代表点の温度と基板中央の温度を推定された温度分布より求め、代表点の目標温度が基板中央の推定温度と一致するように、代表点の温度に最も影響を与える加熱源の強度設定を変更し、基板の加熱温度の均一化することを特徴とする気相成長方法、装置である。

【0022】

【発明の実施の形態】以下に、枚葉式エピタキシャル成長装置（気相成長装置）のヒーター温度設定の例を挙げて、この発明を詳細に説明する。この装置は1回の処理で1枚のシリコンウェーハを処理する装置で、ほぼ大気圧で熱CVDによりシリコンウェーハの表面にシリコン薄膜を成長する。

【0023】ヒーター調整法1

ここでは、シリコンウェーハはSiC被覆した高純度カーボンのサセプター上に載置され、上下から赤外線ランプによって加熱される。赤外線ランプはサセプター中央、ガス流れに対して上流側、下流側、側面の4個所に熱電対が取り付けられ、それらの温度をフィードバック制御することによってシリコンウェーハの温度分布を制御する。

【0024】上流側、下流側、側面の熱電対には、中央の熱電対に対して正・負の温度差を設定する機能があり、それらの温度差を適切に設定することによってシリコンウェーハの温度分布を均一化する。

【0025】まず、以下の手順A～Cで求められた成長温度、ガス流量の条件でエピタキシャル成長を行い、手順Dで求めたエピタキシャル膜の成長速度と成長温度の関係から、エピタキシャル成長中のシリコンウェーハの温度分布を求め（手順E）、それを基にヒーターの設定値を調整する（手順F）。

【0026】手順A 900℃から1200℃の種々温度（3通り以上）で成長し、例えばウェーハのクロスする直径線上にある複数の点を設定し、ウェーハの各点でのエピタキシャル膜の成長速度の対数と成長温度の逆数の関係を調べ、反応律速、拡散律速の温度領域を決定す

る。ウェーハのある一点での成長速度と成長温度の関係例を図1に示す。成長速度は膜厚を赤外線反射光の干渉を利用した方法(F T I R)で測定し、それを成長時間で除して算出する方法が簡単かつ能率的である。

【0027】手順B ウェーハの各点の反応律速領域の温度であり、成長律速領域の境界温度で最も低い温度より50℃以上低い温度を成長温度として選ぶ。

【0028】手順C 手順Aで選んだ成長温度で種々ガス流量でエピタキシャル膜を成長し、ウェーハの各点でのガス流量とエピタキシャル膜の成長速度との関係を求める。この時、ガスは原料ガス(SiCl₄、SiHCl₃等)とキャリアガス(H₂等)の混合ガスで、原料ガスとキャリアガスの流量比は一定にする。

【0029】図2に示すごとく、ウェーハの各点での成長速度は、ガス流量が低流量では流量とともに増加し、高流量では流量依存性がなくなる。流量依存性がなくなる高流量のある流量を温度分布推定を行うときの流量と決定する。この流量は流量依存性がなくなる最小の流量の10%程度以上高いことが望ましい。

【0030】手順D 手順Cで決定された流量で、手順Bで決定した成長温度の低温の範囲でウェーハの中央での成長速度と成長温度の関係を求める。これを基に成長速度から逆に成長温度を求める。

【0031】手順E 手順Dで求めた関係より、境界温度を新たに決め直す。この境界温度より低温でエピタキシャル成長し、手順Dで求めた関係より、ウェーハの温度分布を求める。

【0032】手順F 得られた温度分布よりヒーターの温度調整を行い、再び手順Eで温度分布を求めスリップがなくなるまで上記手順をくり返す。

【0033】上記のヒーター調整方法1を採用したことにより、熱電対付きウェーハを反応室内に入れる必要がなくなる。また、ヒーターの温度調整に使用するウェーハの数を半減することができる。調整に要する時間も短縮することができる。

【0034】以上には1個の熱電対で制御されるヒーターゾーン間の温度設定値の調整方法を述べた。このヒーターゾーンは複数の赤外線ランプより構成され、それらの赤外線ランプ同士のパワー比も調整できる。より細かい温度分布の調整が必要な場合は、この同一ゾーン内のランプ間のパワー比の設定の調整も同様な方法で行うことができる。

【0035】ヒーター調整法2

次に、手順A～Fで求めた温度分布を基に、以下の方法でヒーターの温度設定値を決定しヒーターの調整を行う。

【0036】シリコンウェーハを回転しないように固定してエピタキシャル成長を行い、上記の方法で温度分布を推定する。温度制御点に最も近いシリコンウェーハ上の点をその温度制御点に対する代表点とする。温度制御

点の温度T_{ci}を手順Eのエピタキシャル成長中に記録する。代表点の温度T_{w1}、シリコンウェーハの中央の温度T_{w0}を推定された温度分布から求める。

【0037】代表点の目標温度をT_{w2}=T_{w0}とする。ウェーハ表面上で計った、シリコンウェーハ中央から温度制御点、代表点までの距離をそれぞれx_c、x_wとする。温度制御点の設定温度T_{c2}を下式で決定する。

$$T_{c2} = T_{ci} + (x_c / x_w) \times (T_{w2} - T_{w1})$$

【0038】ヒーター設定値をT_{c2}に変更し、上記の方法で温度分布を推定する。T_{w2}とT_{w1}の差が十分小さくなるまで、上記の手順を繰り返す。

【0039】上記のヒーター調整方法2を採用したことにより、該調整方法1の効果に加え、ヒーターの温度調整に使用するウェーハの数を該調整方法1の約半分にすることができる。調整に要する時間も短縮することができる。

【0040】ヒーター調整法3

さらに、上記のヒーター調整方法1で求めた温度分布からヒーターの設定値を決定するためのヒーター調整法2とは別のヒーター調整法を説明する。この方法では、ウェーハ内温度差DTをヒーターの温度設定の最適値からの変化DSPの関数f(DSP)として予め求めておく。この方法では関数DT=f(DSP)を基に温度分布調整を行う。

【0041】上記のヒーター調整方法1あるいはヒーター調整方法2によってシリコンウェーハの温度を均一化する。ヒーターの制御に使用している熱電対に最も近いシリコンウェーハ上の点をその温度測定点に対する代表点とする。

【0042】制御点の設定温度を均一化された最適の設定値から色々に変化して低温でエピタキシャル成長し温度分布を推定する。それを基にウェーハ中央温度と代表点温度の差DTと制御点設定温度の最適値からの変化量DSPの関係を求める。

【0043】DTをSPの関数として多項式近似する。

$$DT = f(DSP) = a_0 + a_1 \times DSP + a_2 \times DSP^2 + \dots$$

【0044】それ以後のヒーター調整では上記式を用い、ヒーター調整方法1の方法でウェーハ温度分布を推定し求めたDTから設定値変化DSPを求め、制御点温度を設定する。

【0045】上記のヒーター調整方法3を採用したことにより、ヒーター調整方法1、2の効果に加え、ヒーターの温度調整に使用するウェーハの数をさらに減らし、1枚とすることができた。

【0046】また、この方法は温度分布が複雑なほど、従来法の場合より適切な設定値に到達するまでに使用するウェーハの枚数および調整時間を減らすことができる。なお、ヒーター調整の1回目は前記ヒーター調整方法1あるいは方法2を行うが、以後のヒーター調整にお

いては前記ヒーター調整方法1、方法2を行う必要はない。

【0047】

【実施例】前記ヒーター調整方法1の水平式気相成長装置を用い、記憶装置に図1の成長速度と成長温度の関係を入力し、前述したヒーター調整方法2、方法3のプロセスを制御プログラム（レシピ）により実行可能にした。

【0048】ヒーターの温度設定値はレシピ内のパラメータにより設定される。代表点は上流、下流、側面の方向でシリコンウェーハの端より5mmの位置で取りその成長温度を装置入力することにより、装置のコントローラが代表点の温度を計算し、各制御点の設定温度を算出し、レシピ内のパラメータを設定するようになっている。

【0049】この発明によるエピタキシャル成長装置で予測した温度分布推定例を図3に示すが、分布がフラットになるようにヒーター調整を自動制御することができる。すなわち、このエピタキシャル成長装置では、ヒーターの調整時にヒーター調整方法1のエピタキシャル膜の成長速度を入力するのみで設定が自動的になされ、しかも調整に使用するウェーハは1枚となった。また、ヒーター調整方法を手動で行うよりさらに短時間でのヒーター調整が可能となった。

【0050】この発明によるエピタキシャル成長装置で予測した温度分布より、ヒーター調整を行い成膜した結

果、この発明によるエピタキシャルウェーハは、従来方法のウェーハに比べ、低温時のエピタキシャル膜の膜厚み精度が50%向上した。

【0051】

【発明の効果】この発明による気相成長方法とその装置は、薄膜の成長速度がガス流量に依存しないガス流量条件で、かつ成長温度が反応律速である温度で薄膜を成長させるに際し、その時のエピタキシャル膜の成長速度分布を測定することによりシリコンウェーハの温度分布を推定できることに着目したもので、熱電対付きウェーハを反応室内に入れる必要がなくなり、また、ヒーターの温度調整に使用するウェーハの数を半減することができ、調整に要する時間も大幅に短縮することができる。

【0052】従って、この発明による気相成長方法とその装置は、半導体基板の温度分布を従来にない方法により、正確に把握して装置の加熱源の温度調節の効率を上げ、半導体基板の加熱温度の均一化を図り、高精度、高品質の気相成膜を可能にした。

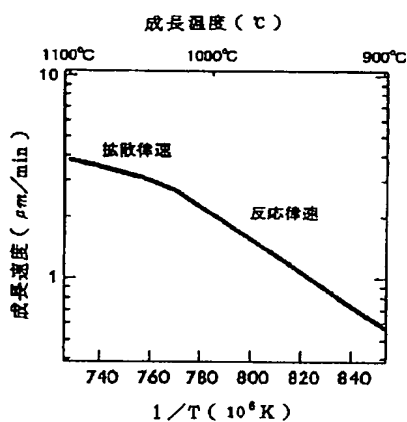
【図面の簡単な説明】

【図1】成長速度と成長温度の関係を示すグラフである。

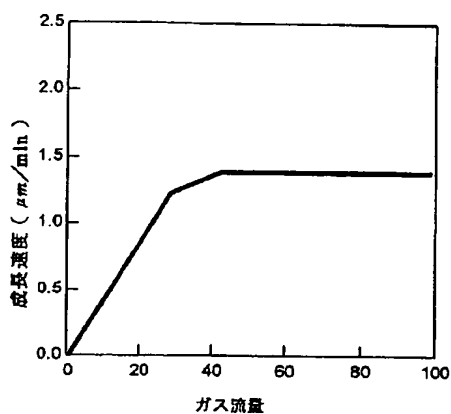
【図2】成長速度とガス流量の関係を示すグラフである。

【図3】この発明によるエピタキシャル成長装置で予測した温度分布推定例を示すグラフである。

【図1】



【図2】



【図 3】

